



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

« _____ » _____ 2023 г.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА КА И БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ»

Специальность: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация №21: Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

Королёв
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: к.т.н., с.н.с. Степанов Г.Н. Рабочая программа дисциплины: «Основы теории полета КА и баллистики ракет» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

Рецензент: к.т.н. Сабо С.Е.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 				
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 9 от 28.03.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  Мороз А.П., д.т.н., с.н.с.

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины является: обучение студентов теоретических основ теории полета КА, баллистики ракет и методом проектирования и исследования траектории движения КА.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых образцов космической техники в соответствии с тактико-техническими характеристиками и техническим заданием;

ПК-2. Способность проектировать космические аппараты, космические системы и их составные части.

Основными **задачами** дисциплины являются:

- обучение фундаментальным методам современной количественной и качественной теории полета КА, баллистики ракет и методом проектирования и исследования траектории движения КА в уравнений в частных производных, как средства математического моделирования детерминированных и стохастических явлений;

- ознакомить студентов методами качественного исследования и применения уравнений движения КА в математическом моделировании динамических и стохастических процессов;

- научить студентов самостоятельно расширять теоретические знания.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

ПК-1.1. Анализировать перспективы развития как ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных видов для проработки технических заданий.

ПК-1.2. Обработать информацию о разработке и сертификации космических аппаратов, космических систем и их составных частей из различных источников, в том числе на английском языке.

ПК-1.3. Разработка рекомендаций и заключений по использованию результатов теоретических и экспериментальных исследований космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

ПК-1.4. Знать основы метрологии, стандартизации и сертификации.

ПК-1.5. Знать Единую систему конструкторской документации; особенности инженерно-технического подхода к решению профессиональных проблем.

ПК-2.1. Проведение анализа вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

ПК-2.2. Проведение технико-экономического и функционально-стоимостного анализа проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

ПК-2.3. Выполнять расчеты с использованием специализированного ПО.

Трудовые действия:

ПК-2.3. Выполнять расчеты с использованием специализированного ПО.

ПК-1.1. Анализировать перспективы развития как ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных видов для проработки технических заданий.

ПК-1.2. Обрабатывать информацию о разработке и сертификации космических аппаратов, космических систем и их составных частей из различных источников, в том числе на английском языке.

Необходимые умения:

ПК-1.3. Разработка рекомендаций и заключений по использованию результатов

теоретических и экспериментальных исследований космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

ПК-2.1. Проведение анализа вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

ПК-2.2. Проведение технико-экономического и функционально-стоимостного анализа проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.

Необходимые знания:

ПК-1.4. Знать основы метрологии, стандартизации и сертификации.

ПК-1.5. Знать Единую систему конструкторской документации;

ПК-2.4. Знать основы инженерного синтеза сложных систем, аналитический аппарат и алгоритмы приложения в технике.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Основы теории полета КА и баллистики ракет» относится к базовой части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

При очной форме обучения дисциплина реализуется на 3-ем и 4-ом курсах в 6-ом и 7-ом семестрах кафедрой «Техники и технологии».

При очно-заочной форме обучения дисциплина реализуется на 3-ем и 4-ом курсах в 6-ом и 7-ом семестрах кафедрой «Техники и технологии».

Дисциплина «Основы теории полета КА и баллистики ракет» базируется на дисциплинах «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теоретическая механика», «Пневмогидравлические системы» и ранее частично изученных компетенциях ПК-1, ПК-2.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Основы теории полета КА и баллистики ракет», являются базовыми при изучении дисциплин: «Динамика полета движения КА», «Теоретическая механика» а также ряда профессиональных дисциплин специальности и выполнения выпускной квалификационной работы инженера.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся по очной форме обучения составляет 10 зачетные единицы, 360 часов.

Преподавание дисциплины для обучающихся по очной форме ведется на 3 курсе, в 6 семестре и 4 курсе 7 семестре. В 7 семестре предусмотрена курсовая работа.

Текущий контроль знаний – тестирование, итоговый контроль знаний – экзамен.

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся по очно-заочной форме обучения составляет 10 зачетные единицы, 360 часов.

Преподавание дисциплины для обучающихся по очной форме ведется на 3 курсе, в 6 семестре и 4 курсе 7 семестре. В 7 семестре предусмотрена курсовая работа.

Текущий контроль знаний – контрольная работа, итоговый контроль знаний – экзамен.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Семестр ...
Общая трудоемкость	360	180	180		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	128	64	64		
Лекции (Л)	64	32	32		
Практические занятия (ПЗ)	64	32	32		
Лабораторные работы (ЛР)		-	-		
Самостоятельная работа	232	116	116		
Курсовые работы		-	+		
Контрольная работа, домашнее задание		+	+		
		-	-		
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели), тест, реферат, презентация	Тест	Тест	Тест		
Вид итогового контроля, Зачет/экзамен	Зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен		
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	72	36	36		
Лекции (Л)	32	16	16		

Практические занятия (ПЗ)	40	20	20		
Лабораторные работы (ЛР)		-	-		
Самостоятельная работа	288	144	144		
Курсовые работы		-	+		
Контрольная работа, домашнее задание		+	+		
Вид итогового контроля, Зачет/экзамен	Зачет, эк- замен	Экзамен	Экзамен		

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час, очн/очн.- заоч	Практ. занятия час, очн/очн.- заоч	Занятия в ин- теракт. форме, час очн/очн-заоч	Код компе- тенций
Тема 1. Основные задачи теории полета КА и баллистики ракет	6/2	6/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 2. Баллистические модели	4/1	4/2	1/1	ОПК-1, 2
Тема 3. Баллистические модели	4/1	4/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 4. Теория невозмущенного движения КА	6/1	6/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 5. Теория возмущенного движения КА	6/1	6/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 6. Возмущения орбиты КА, вызываемые нецентральностью гравитационного поля Земли	4/2	4/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 7. Возмущения орбиты КА, вызываемые нецентральностью гравитационного поля Земли	4/2	4/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 8. Методы расчета космических систем	6/2	6/4	2/2	ОПК-1, 2
Тема 9. Методы, используемые для прогнозирования возмущенного орбитального движения КА	4/2	4/2	2/1	ОПК-1, 2
Тема 10. Внешние силы и моменты, действующие на ракету.	6/2	6/4	2/2	ОПК-1, 2

Тема 11. Внешние силы и моменты, действующие на ракету.	4/2	4/2	1/1	ОПК-1, 2
Тема 12. Определение характеристической скорости. Определение основных баллистических характеристик ракеты	6/2	6/4	2/1	ОПК-1, 2
Тема 13. Баллистико-навигационное обеспечение управление полетом КА	4/2	4/2	2/1	ОПК-1, 2
Итого:	64/32	64/40	32/16	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Основные задачи теории полета КА и баллистики ракет

1. История развития теории полета КА и баллистики ракет.
2. Задачи теории полета КА и баллистики ракет.

Тема 2. Баллистические модели

1. Общие сведения о системах координат и измерение времени.
2. Системы координат.
3. Матрицы перехода между различными системами координат.

Тема 3. Баллистические модели

Модели фигуры и гравитационного поля Земли.

1. Структура атмосферы Земли.
2. Стандартные модели атмосферы.

Тема 4. Теория невозмущенного движения КА

1. Дифференциальное уравнение невозмущенного движения центра масс КА.
2. Кеплеровы элементы орбиты спутника. Текущие элементы положения КА.
3. Краткая характеристика скорости и орбит движения КА.

Тема 5. Теория возмущенного движения КА

1. Возмущающие ускорения при анализе движения КА.

2. Анализ и особенности движения КА в нецентральной гравитационном поле Земли.
3. Аэродинамические воздействия на КА.
4. Возмущающее ускорение, действующее на КА от светового давления.
5. Сравнение величин возмущающих ускорений от различных факторов.
6. Уравнения для оскулирующих кеплеровых элементов орбиты.
7. Анализ особенностей уравнений для оскулирующих элементов.
8. Периодические и вековые возмущения орбиты КА.
9. Общий подход к анализу вековых возмущений орбиты КА.
10. Возмущения орбиты КА, вызываемые действием атмосферы..
11. Определение времени существования.
12. Возмущения орбиты КА, вызываемые влиянием Луны и Солнца.

Тема 6. Возмущения орбиты КА, вызываемые нецентральностью гравитационного поля Земли

1. Возмущение фокального параметра орбиты КА.
2. Возмущение эксцентриситета орбиты КА.
3. Возмущение долготы восходящего узла орбиты КА.

Тема 7. Возмущения орбиты КА, вызываемые нецентральностью гравитационного поля Земли

4. Возмущение наклона орбиты КА.
5. Возмущение аргумента перигея орбиты КА.
6. Расчет времени полета КА.

Тема 8. Методы расчета космических систем

1. Выбор орбиты КА.
2. Космические системы дистанционного зондирования Земли.
3. Космические системы связи.

Тема 9. Методы, используемые для прогнозирования возмущенного орбитального движения КА

1. Численные методы интегрирования движения КА.
2. Рассчитать силу аэродинамического сопротивления КА на высоте 400 км.
3. Метод численного интегрирования Эйлера.
4. Моделирование на компьютере влияния без учета полярного сжатия Земли на траекторию движения КА по данным курсовой работы
5. Анализ изменения параметров орбиты КА.
6. Моделирование на компьютере влияния с учетом полярного сжатия Земли на траекторию движения КА по данным курсовой работы

7. Анализ изменения параметров орбиты КА.
8. Моделирование на компьютере влияния атмосферы Земли на траекторию движения КА по данным курсовой работы.
9. Анализ изменения параметров орбиты КА.

Тема 10. Внешние силы и моменты, действующие на ракету.

1. Упрощенная математическая модель движения ракеты на активном участке траектории.
2. Сила тяги двигателя ракеты.

Тема 11. Внешние силы и моменты, действующие на ракету.

1. Аэродинамические силы
2. Моменты сил.
3. Методы проектировочных расчетов траекторий
4. Упрощенная программа выведения ракеты.

Тема 12. Определение характеристической скорости.

Определение основных баллистических характеристик ракеты

1. Первая формула Циолковского.
2. Вторая формула Циолковского.

Тема 13. Баллистико-навигационное обеспечение управление полетом КА

1. Баллистические модели движения КА
2. Орбитальные маневры КА в центральном гравитационном поле
3. Моделирование на компьютере орбитальных переходов и расчета маневров путем прогнозирования параметров орбиты КА.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

1. «Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины».

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Основы теории полета КА и баллистики ракет» приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

Основная

1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 410 с. — ISBN 978-5-00101-663-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151476> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Балаганский, И. А. Основы баллистики и аэродинамики : учебное пособие / И. А. Балаганский. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7782-3412-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118129> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Толпегин, О. А. Экспериментальная баллистика: тексты лекций / О. А. Толпегин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 211 с. — ISBN 978-5-85546-868-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75166> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов : учебник / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. — 523 с. — ISBN 978-5-7038-4340-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106268> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 2. Лысенко, Л. Н. Внешняя баллистика : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2020. — 328 с. — ISBN 978-5-7038-5503-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205019> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
1. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. – М.: Наука

2. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета. – М.: Наука ГРФМЛ, 1979.
3. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение,
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. - М.: Машиностроение.
5. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения КА. "Машиностроение-Полет".
6. Механика космического полета. Под ред. акад. Мишина В.П. - М.:Машиностроение.
7. Лебедев А.А., Герасюта Н.Ф., Баллистика ракет. Машгиз, 1970.
8. Дмитриевский А.А. и др. Баллистика и навигация ракет. М., Машиностроение, 1985.
9. Сихарулидзе Ю.Г., Баллистика летательных аппаратов. М., Наука, 1982.
- 10.ГОСТ 20058-80 Механика полета летательных аппаратов в атмосфере. Основные термины, определения и обозначения Машиностроение.
- 11.Горбатенко С.А. и др. Механика полета. М., Машиностроение, 1971.
- 12.Теория движения ИСЗ (Аналитические и численные методы). Т.В. Боровицына, В.А. Авдюшев, ТГУ, 2007.
18. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов / Л. Н. Лысенко, В. В. Бетанов, Ф. В. Звягин.
19. Механика космического полета / М.С. Константинов, Е.Ф. Каменков, Б.П. Перелыгин и др.: учебник // под ред. В.П. Мишина. М.: Машиностроение, 1989
20. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2004.
21. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета. М.: Наука, 1990.
- 13.Эльясберг П.Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. 2-е изд. М.: Либроком, 2011.
- 14.Агаджанов П.А. Командно-измерительный комплекс. М.: Знание, 1979.
- 15.Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1977.
- 16.Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1970.
- 17.Бажинов И.К., Почукаев В.Н., Поляков В.С. Космическая навигация. М.: Машиностроение, 1975.
- 18.Баринов К.Н., Бурдаев М.Н., Мамон П.А. Динамика и принципы построения орбитальных систем космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975.

19. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, А.И. Петрова, В.А. Болдина. 2-е изд. М.: ИПРЖР, 1999.
20. Баллистика и навигация ракет / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко, Н.М. Иванов и др.; под ред. А.А. Дмитриевского. М.: Машиностроение, 1985.
21. Зеленцов В.В., Казаковцев В.П. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
22. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н., Дмитриевский А.А. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1986.
23. Левантовский В.И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука, 1980.
24. Навигационное обеспечение полета орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс». И.К. Бажинов, В.П. Гаврилов, В.Д. Ястребов и др. М.: Наука, 1985.
25. Назаренко А.И., Скребушевский Б.С. Эволюция и устойчивость спутниковых систем. М.: Машиностроение, 1981.
26. Полет космических аппаратов. Примеры и задачи: 2-е изд. / под общей ред. Г.С. Титова. М.: Машиностроение, 1990.
27. Пономарев В.М. Теория управления движением космических аппаратов. М.: Наука, 1965.
28. Попович П.Р., Скребушевский Б.С. Баллистическое проектирование космических систем. М.: Машиностроение, 1987.

Электронные ресурсы образовательной среды «МГОТУ»:

- <http://biblioclub.ru/index.php> - библиоклуб (университетская библиотека);
- <http://www.znaniium.com> - электронно-библиотечная система Znaniium.com!;

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Интернет-ресурсы:

1. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>

8 Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.*

Информационные справочные системы:

1. Ресурсы информационно-образовательной среды «МГОТУ»

2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Основы теории полета КА и баллистики ракет».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Практические занятия:

- компьютерный класс с проектором для интерактивного обучения, оборудованный современными лицензионными программно-техническими средствами: операционная система не ниже Windows XP; офисные программы MSOffice 7, AIFusion Process Modeler, RAMUS, рабочее место преподавателя.

**ИНСТИТУТ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА КА И БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ»

(Приложение 1 к рабочей программе)

Специальность: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация №21: Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**Королёв
2023**

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Тема дисциплины, обеспечивающая формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения темы дисциплины, обеспечивающей формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				знать	уметь	владеть
1	ПК-1	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности	Темы 1, 3, 6, 7, 9-13	- Основные положения и закономерности баллистики ракет и других летательных аппаратов, уравнения поступательного и вращательного движения в космосе и в атмосфере;	Составлять математические модели и получать решения прямой и обратной баллистических задач, получать оценки проектных параметров проектируемых ракет и других перспективных ЛА;	Методами анализа баллистики и синтеза законов программного управления ракетами и другими ЛА на различных отрезках траектории полёта.
2	ПК-2	способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения. (ПК-2) - способность анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математи-	Темы 1, 2, 4-7, 10, 12, 13	Знать: - Основные положения и закономерности баллистики ракет и других летательных аппаратов, уравнения поступательного и вращательного движения в космосе и в атмосфере.	Уметь: Составлять математические модели и получать решения прямой и обратной баллистических задач, получать оценки проектных параметров проектируемых ракет и других перспективных ЛА.	Владеть: Методами анализа баллистики и синтеза законов программного управления ракетами и другими ЛА на различных отрезках траектории полёта.

		ческие модели функционирования объектов ракетной и ракетно- космической				
--	--	---	--	--	--	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструмент, оценивающий сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценки и шкалы
ПК-1, ПК-2	Тест	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована 3-4 балла</p> <p>В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Тест на выявление уровня освоения теоретических знаний. Задания 2-х типов: 1 тип - выбор одного варианта ответа из предложенных, 2 тип - выбор нескольких вариантов ответов из предложенных. Ответы на тестовые задания предполагают использование как письменного варианта ответа, так и автоматизированной системы (соответствующего программного обеспечения) тестовой оценки знаний.</p> <p>Критерии оценки определяются процентным соотношением.</p> <p>Оценка осуществляется по пятибалльной системе.</p> <p>Менее 50% правильных ответов 0 баллов, 51% -60% - 1 балл, 61% -70% - 2 балла, 71% -80% - 3 балла, 81% -89% - 4 балла, 90% -100% - 5 баллов</p>
ПК-1, ПК-2	Реферат, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована 3-4 балла</p> <p>В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Общая оценка реферата:</p> <p>реферат сдан на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия (1 балл); студентом</p>

	<p>ния этих книг. Работа над рефератом включает в себя следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке реферата используются не менее 8—10 различных источников); • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана реферата; • написание реферата. 		<p>проявлена инициатива при выборе темы реферата и его написании (1 балл); работа выполнена без консультации с преподавателем (1 балл); материал представлен связно, логично и грамотно ((1 балл)); оформление в соответствии с требованиями ГОСТ (1 балл)</p>
ПК-1, ПК-2	<p>Презентация группового доклада, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг. Работа над презентацией включает в себя следующие этапы</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как пра- 	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Баллы, выставяемые докладчику и содокладчикам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сообщил новую информацию (1 балл) • использовал технические средства (1 балл) • знает и хорошо ориентируется в содержании всего доклада (1 балл) • умеет дискутировать и быстро отвечает на вопросы (1 балл) • четко выполняет установленный регламент: докладчик - 10 мин.; содокладчики - 5 мин.; дискуссия - 10 мин. (1

	вило, при разработке доклада используются не менее 8—10 различных источников); <ul style="list-style-type: none"> • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана доклада; • представление доклада 		балл)
--	--	--	-------

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерная тематика курсовых работ(проектов)

1. «Исследование возмущенного движения спутника за счет влияния атмосферы Земли».
2. «Исследование возмущенного движения спутника за счет влияния гравитационного поля Земли».
3. «Исследование возмущенного движения спутника за счет влияния атмосферы и гравитационного поля Земли».

Примерная тематика контрольного задания

1. Основные положения теории космического полета.

Примерная тематика практических заданий

1. Принцип построения математической модели движения баллистической ракеты.
2. Какова величина угла атаки, при различных скоростях ракеты и вариантов подъемной силы.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Основы теории полета КА и баллистики ракет» являются две текущие аттестации в виде теста и две промежуточные аттестации в виде экзамена.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
<i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	Тестирование	ПК-1, ПК-2	Тест на выявление уровня освоения теоретических знаний. Задания 2-х типов: 1 тип - выбор одного варианта ответа из предложенных, 2 тип - выбор нескольких вариантов ответов из предложенных	Ответы на тестовые задания предполагают использование как письменного варианта ответа, так и автоматизированной системы (соответствующего программного обеспечения) тестовой оценки знаний.	Результаты тестирования представляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Оценка осуществляется по пятибалльной системе. Менее 50% правильных ответов 0 баллов, 51% -60% - 1 балл, 61% -70% - 2 балла, 71% -80% - 3 балла, 81% -89% - 4 балла, 90% -100% - 5 баллов
<i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	Реферат	ПК-1, ПК-2	Реферат, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг.	Работа над рефератом включает в себя следующие этапы: • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке реферата используются не менее 8—10 различных источников); • составление	Реферат сдается на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия	Общая оценка реферата: реферат сдан на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия (1 балл); студентом проявлена инициатива при выборе темы реферата и его написании (1 балл); работа выполнена без консультации с преподавателем (1 балл); материал представлен связно, логично и грамотно ((1 балл)); оформление в соответствии с требованиями ГОСТ (1 балл)

				библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана реферата; • написание реферата.		
<i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	Презентация группового доклада	ПК-1, ПК-2	Презентация группового доклада, представляет собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг.	Работа над презентацией включает в себя следующие этапы • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке доклада используются не менее 8—10 различных источников); • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана до-	16-17	Баллы, выставаемые докладчику и содокладчикам: • сообщил новую информацию (1 балл) • использовал технические средства (1 балл) • знает и хорошо ориентируется в содержании всего доклада (1 балл) • умеет дискутировать и быстро отвечает на вопросы (1 балл) • четко выполняет установленный регламент: докладчик - 10 мин.; содокладчики - 5 мин.; дискуссия - 10 мин. (1 балл)

				клада; • представ- ление до- клада		
<i>Прово- дится в сроки, уста- новлен- ные графи- ком учебно- го про- цесса</i>	Экзамен	ПК-1, ПК-2	3 вопроса, 1 задание	Экзамен про- водится в письменной форме, путем ответов на во- просы и реше- ния заданий. Время, отве- денное на про- цедуру – 60 минут.	Результаты предоставля- ются в день проведения экзамена	Критерии оценки: «Отлично»: знание основных понятий предмета; умение использо- вать и применять полученные зна- ния на практике; работа на практи- ческих занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых пред- метов; ответ на вопросы билета. «Хорошо»: •знание основных понятий предмета; •умение использо- вать и применять полученные зна- ния на практике; •работа на практи- ческих занятиях; •знание основных научных теорий, изучаемых пред- метов; • частичный ответ на вопросы билета «Удовлетвори- тельно»: демонстрирует частичные знания по темам дисци- плин; незнание, неуме- ние использовать и применять полу- ченные знания на практике; работал на прак- тических заняти- ях; «Неудовле- творительно»: демонстрирует частичные знания по темам дисци- плин; незнание основ- ных понятий предмета; неумение использо- вать и приме- нять полученные

						знания на практике; не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование

Тесты используются при текущем контроле знаний. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом).

1. Принцип реактивного движения, открыт:

Исааком Ньютоном;
К.Э. Циолковским;
С.П. Королевым;
В.П. Глушко.

2. Приборы ориентации разделяются по характеру использования их в составе КА на:

космические;
лабораторные;
автоматические;
визуальные.

3. Приборы ориентации и навигации по типам используемых ими астроориентиров подразделяются на астроприборы, ориентирующиеся по...

звездам;
Земле;
Солнцу;
технической документации.

4. Принцип реактивного движения открыт Исааком Ньютоном в...

1892 году;
1686 году;
1910 году;
1938 году.

5. В современных ракетах используются реактивные двигатели работающие...

только на твердом топливе;
только на жидком топливе;
только на атомном топливе;
как на твёрдом, так и на жидком химическом топливе.

6. Ракетные топлива оцениваются не только по скорости истечения газов, но и по....

взрывной безопасности;
удельному весу;
стоимости;
ядовитости.

7. Виды посадки космических кораблей:

Воздухоочистительная посадка;
жёсткая посадка, происходящая без гашения скорости корабля;
грубая посадка с частичным замедлением скорости;
мягкая посадка корабля.

8. Лист дюралюминия толщиной 1 мм пробивается любым метеоритом диаметром:

0,2 мм и более;
0,005 мкм и менее;
менее 0,05 мкм;
не пробивается.

9. Стальная обшивка толщиной 3 мм пробивается метеоритом диаметром...

более 1 мм;
0,005 мкм и менее;
менее 0,05 мкм;
не пробивается.

10. Сталь толщиной 12 мм может быть пробита метеоритом диаметром...

менее 1 мм;
0,5 см;

менее 100 мкм;
не пробивается.

11. Существующая отечественная система средств выведения КА включает ракетно-космические комплексы (РКК) с ракетами-носителями, относящимся по принятой у нас классификации классам...

не видимому;
легкому;
среднему;
тяжелому.

12. К легкому классу относятся ракетоносители со стартовой массой...

до 10 т;
до 100 т;
до 200 т;
свыше 1000 т.

13. К легкому классу относятся ракетоносители со стартовой массой полезной нагрузки...

до 10 кг;
до 100 кг;
до 1 т;
до 3,6 т;

14. К легкому классу относятся ракетоносители с околоземной орбитой ...

до 10 км;
до 50 км;
до 150 км;
до 400 км.

15. Основными частями космической ракеты являются:

корпус;
двигатели;
система управления;
экипаж.

16. Первым космическим зондом, покинувшим пределы Солнечной системы стал...

«Пионер-10»;
«Луна -22»;
«Викинг -4»;
«Протон-5».

17. На поверхность Луны первым опустился космический аппарат

...

«Луна-9»;
«Пионер-10»;
«Викинг -4»;
«Протон-5».

18. На поверхность Луны впервые опустился космический аппарат

В...

1957 году;
1961 году;
1966 году;
1981 году.

19. Искусственный космический спутник — это...

беспилотный аппарат;
не испытанный аппарат;
пилотируемый одним космонавтом аппарат;
аппарат, пилотируемый несколькими членами экипажа.

20. Система САС КК "Союз" показала свою эффективность на практике, обеспечив спасение экипажа при аварии РН в 1983 г...

на участке выведения на орбиту;
при аварии на старте;
при выходе экипажа в открытый космос;
при приземлении.

21. Орбита называется геостационарной, если...

спутник опережает вращение Земли;
спутник движется с меньшей скоростью, чем вращение Земли;
спутник покидает Солнечную систему
спутник неподвижен по отношению к Земле.

22. Спутник, летящий над экватором на высоте 35 880 км. совершает полный виток

ровно за 12 часов;
ровно за 24 часа;
ровно за 36 часов;
ровно за 48 часов.

23. Космический челнок — это...

пилотируемый корабль, который можно использовать много раз;
непилотируемый корабль одноразового использования;
космический зонд;
орбитальная станция.

24. Космический челнок при возвращении на Землю сбрасывает скорость и под действием притяжения Земли начинает...

опускаться по спирали;
падать вертикально вниз;
запускать маршевые двигатели;
освободиться от разгонных блоков.

25. Система САС КК "Союз" показала свою эффективность на практике, обеспечив спасение экипажа при аварии РН в 1975 г...

на участке выведения на орбиту;
при аварии на старте;
при выходе экипажа в открытый космос;
при приземлении.

26. Принцип реактивного движения открыт Исааком Ньютоном

В...

1892 году;
1686 году;
1910 году;
1938 году.

27. Виды посадки космических кораблей:

Воздухоочистительная посадка;
жёсткая посадка, происходящая без гашения скорости корабля;
грубая посадка с частичным замедлением скорости;
мягкая посадка корабля.

28. Существующая отечественная система средств выведения КА включает ракетно-космические комплексы (РКК) с ракетами-носителями, относящимся по принятой у нас классификации классам...

не видимому;
легкому;
среднему;
тяжелому.

29. Основными частями космической ракеты являются:

корпус;
двигатели;
система управления;
экипаж.

30. Система САС КК "Союз" показала свою эффективность на практике, обеспечив спасение экипажа при аварии РН в 1983 г...

на участке выведения на орбиту;
при аварии на старте;
при выходе экипажа в открытый космос;
при приземлении.

Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Фигура и гравитационное поле Земли.
2. Фигура Земли и ее модели.
3. Потенциал силы земного тяготения и его классическое представление
4. Применение метода точечных масс
5. Магнитное поле Земли. Основные понятия и элементы земного магнетизма.
6. Математическое описание магнитного поля Земли.
7. Атмосфера Земли. Состав и свойства атмосферы
8. Стандартная атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы
9. Математические основы баллистического обеспечения полета.
10. Системы координат и методы их преобразований.
11. Силы и моменты, действующие на БР в полете.
12. Векторно-матричные представления уравнений движения ракет как тел переменной массы.
13. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА баллистического типа на активном и пассивном участках траектории.
14. Упрощенные уравнения движения БР
15. Уравнения движения БР с учетом упругих колебаний ее корпуса

16. Возмущенное движение БР и общая характеристика методов его исследования
17. Линеаризация уравнений движения
18. Общий подход к расчету попадающей траектории
19. Обзор возможных методов определения баллистических производных
20. Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории
21. Требования, предъявляемые к программам управления и оптимизация их модельных структур
22. Особенности и различия в выборе программ движения БР на атмосферном и внеатмосферном участках АУТ
23. Программы максимальной дальности. Выбор программы движения БР с учетом характеристик точности.
24. Особенности выбора и реализации программ движения БР с РДТТ.
25. Решение краевых задач баллистики управляемых БР.
26. Формулировка и общая характеристика краевых задач баллистики.
27. Требования, предъявляемые к математическим моделям движения краевых задач баллистики.
28. Типовая схема решения краевой баллистической задачи полета БР с моноблочной ГЧ.
29. Особенности постановки и решения краевой баллистической задачи полета БР с разделяющейся ГЧ.
30. Специфика решения краевых задач для БР без отсечки тяги.
31. Вычисление баллистических производных в краевых задачах баллистики.
32. Связь между ЧБП, задаваемыми в различных прямоугольных системах координат.
33. Методы наведения баллистических ракет. Общая характеристика методов наведения БР.
34. Принципы построения алгоритмов функционального наведения.
35. Упрощенные линейные методы управления выключением ДУ БР.
36. Возможные подходы к реализации терминального наведения.
37. Алгоритмизация процедур расчета типового варианта метода терминального наведения.
38. Метод требуемой скорости в варианте «Q-наведения».
39. Особенности реализации метода конечной требуемой скорости.
40. Предпосылки необходимости и технической реализуемости процессов самонаведения БР и их ББ.
41. Кинематический анализ основных свойств траекторий наведения и общие сведения о методах самонаведения.
42. Теоретические основы метода пропорциональной навигации в общем случае учета маневра цели.
43. Динамика самонаведения при реализации метода пропорциональной навигации.

44. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности.
45. Принцип построения и классификация корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) Основы реализации многоальтернативных задач теории принятия решений в КЭНС.
46. Корреляционно-экстремальный алгоритм фиксации прохождения ЛА района, характеризуемого аномалией геофизического
47. Теоретические основы инерциальной навигации .
48. Кажущееся ускорение и кажущаяся скорость БР. Принцип инерциальных измерений и основное уравнение инерциальной навигации.
49. Общая характеристика и классификация платформенных ИНС. Особенности решения задач навигации при использовании БИНС . Основные источники и характер эволюций ошибок ИНС. Свойство неустойчивости решения основного уравнения инерциальной навигации. Начальная выставка ИНС.
50. Статистическая динамика навигационных систем.
51. Элементы системного анализа задач навигации и управления движением.
52. Наблюдающие устройства и алгоритмические аспекты их синтеза. Теорема разделения и ее применение при решении задач навигации и управления.
53. Введение в теорию оптимальной фильтрации. Способы включения оптимального фильтра в контур навигационной системы. Понижение размерности фильтра в навигационных системах на основе наблюдающих устройств минимальной размерности.
54. Беспойсковые и рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания навигационных координат в КЭНС.
55. Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.
56. Общая постановка задачи коррекции. Градиентная и параметрическая коррекция программного движения. Коррекция движения с использованием эталонов местности.
57. Коррекция движения от спутниковых навигационных систем
58. Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация
59. Определения, основные задачи применения и классификация
60. Структура и возможные принципы действия бортового сегмента интеллектуальных СУ БР
61. Применение систем видеонаведения и условия их эксплуатации
62. Характеристики системы видеонаведения
63. Особенности реализации алгоритмического обеспечения систем наведения
64. Формирование структуры системы наведения и анализ основных алгоритмических операций

65. Аппаратная реализация
66. Возможности применения обучаемых сетей
67. Эталонная информация и базы данных для обучения системы
68. Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР
69. Исходные положения статистической схемы анализа рассеивания
70. Характеристики точности попадания в цель
71. Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний
72. Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета
73. Общая характеристика основных ошибок и априори неопределенных факторов, влияющих на точность движения БР
74. Погрешности геодезической привязки боевой стартовой позиции и оценка численных значений их составляющих
75. Влияние начальных ошибок выставки
76. Техническое рассеивание БР и влияние методических ошибок
77. Комплексный анализ составляющих рассеивания, обусловленных действием возмущающих факторов и ошибок управления

**ИНСТИТУТ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ
КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА КА И БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ»**

(Приложение 2 к рабочей программе)

Специальность: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация №21: Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**Королёв
2023**

1. Общие положения

Целью изучения дисциплины является овладение: теориями движения КА и ракет.

Целью изучения дисциплины является: обучение студентов основным принципам движения КА и ракет.

Освоение дисциплины решает следующие задачи: студенты приобретают знания об основных законах движения КА и ракет

Основными **задачами** дисциплины являются:

1. Ознакомление теории полета КА и баллистики ракет

2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Семестр 6/6

Практическое занятие 1

Тема 1. Внешние условия полета ракет. Фигура и гравитационное поле Земли

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить внешние условия полета ракет, фигуру и гравитационное поле

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 2/2 ч.

Практическое занятие 2

Тема 2. Атмосфера Земли. Магнитное поле Земли.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить атмосферу Земли и магнитное поле Земли.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 6/4 ч.

Практическое занятие 3

Тема 3. Математические основы баллистического обеспечения полета.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить математические основы баллистического обеспечения полета

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 6/4 ч.

Цель работы: оценить уровень теоретических и практических знаний, полученные обучающимися.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Семестр 7/7

Практическое занятие 1

Тема 1. Внешние условия полета ракет. Фигура и гравитационное поле Земли

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить внешние условия полета ракет, фигуру и гравитационное поле

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 2/2 ч.

Практическое занятие 2

Тема 2. Атмосфера Земли. Магнитное поле Земли.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить атмосферу Земли и магнитное поле Земли.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 6/4 ч.

Практическое занятие 3

Тема 3. Математические основы баллистического обеспечения полета.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Цель работы: изучить математические основы баллистического обеспечения полета

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 6/4 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Выполнение лабораторного практикума Учебным планом не предусмотрено.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы: подготовить специалистов к самостоятельному научному творчеству.

Задачи самостоятельной работы:

1) закрепить способность обучающихся в самостоятельном изучении научной литературы, умении уяснить сущность изучаемого вопроса, формулировать выводы;

2) систематизировать знания в области анализа и моделирования бизнес-процессов;

3) овладеть навыками подготовки докладов и электронных презентаций.

п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
.	Основы баллистики ракет	Подготовка докладов по темам: Формула Циолковского. Определение основных баллистических характеристик ракеты
.	Моделирование возмущённого движения КА	Подготовка докладов по темам: Понятия кеплеровых элементов орбиты КА

Примерная тематика докладов в презентационной форме

1. Принцип построения математической модели движения баллистической ракеты.
2. Система сил и моментов, определяющая полет баллистической ракеты.
3. Принцип состав пенки дифференциальных уравнений движению ракеты.
4. Общие сведения о программном полете
5. Общие сведения о баллистическом полете головной части.
6. Возмущенный полет баллистической ракеты.
7. Причины, выливающие отклонение параметров движении от требуемых.
8. Понятия о методах исследования возмущенного движения ракеты.
9. Влияние возмущений на отклонение точки падения ракеты.
10. Управление дальностью полета баллистической ракеты.
11. Управление дальностью полета. Управляющая функция.
12. Кажущиеся параметры движения.
13. Управление дальностью с помощью двух акселерометров со специальной ориентацией осей чувствительности (метод λ - μ) .
14. Управление дальностью с помощью одного акселерометра со специальной ориентацией оси чувствительности.
15. Основные сведения из геодезии.
16. Форма и размеры Земли.
17. Системы координат, применяемые в геодезии.
18. Определение координат, применяемые в геодезии.
19. Определение высот точек.
20. Определение координат точек.
21. Определение величины ускорения силы тяжести.

22. Определение составляющих отклонения отвесной линии

Примерная тематика контрольного задания

1. Основные положения теории космического полета.
2. Системы координат.
3. Кеплеровы элементы орбиты. Текущие элементы положения космического аппарата на орбите.
4. Невозмущенное движение космического аппарата.
5. Возмущенное движение космического аппарата.
6. Влияние нецентральности поля тяготения Земли.
7. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные полюсным сжатием Земли.
8. Возмущения орбиты ИСЗ, вызываемые аномалиями поля тяготения Земли.
9. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные влиянием атмосферы Земли.
10. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные действием третьих тел (Луны, Солнца).
11. Влияние давления солнечного света на параметры орбиты ИСЗ.
12. Оценка времени существования ИСЗ на орбите.
13. Математические модели прогнозирования движения ИСЗ.
14. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси АГЭСК.
15. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси ГОСК.
16. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси орбитальной системы координат.
17. Коррекция параметров орбиты космических аппаратов.
18. Выбор корректируемых параметров.
19. Область рассеивания в пространстве корректируемых параметров.
20. Определение импульсов скорости, необходимых для коррекции параметров траектории космического аппарата.
21. Баллистический расчет разгонного блока.
22. Плоский маневр.
23. Объемный маневр.
24. Фазирование.
25. Фазирование по схеме «Космос — Космос».
26. Фазирование за счет ожидания на старте.
27. Баллистический расчет спутников дистанционного зондирования Земли.
28. вания Земли.
29. Определение основных эксплуатационных параметров дистанционного зондирования Земли.
30. Выбор высоты полета спутника дистанционного зондирования Земли.
31. Зона обзора и ширина полосы обзора.
32. Выбор угла наклона плоскости орбиты спутника.

33. Подспутниковая точка и трасса спутника.
34. Периодичность обзора земной поверхности.
35. Обеспечение заданной высоты полета спутника.
36. Ширина полосы обзора .
37. Определение гарантированной ширины полосы обзора.
38. Построение системы обзора.
39. Баллистическое проектирование спутников связи.
40. Определение зоны связи.
41. Выведение геостационарного спутника связи на орбиту.
42. Внутренний маневр.
43. Определение параметров орбиты фазирования при внутреннем маневре.
44. Выведение спутника связи на геостационарную орбиту с использованием внешнего маневра.
45. Система связи, построенная на спутниках, находящихся в зоне прямой видимости.
46. Система связи на спутниках, работающих на эллиптических орбитах.
47. Баллистический расчет спускаемых аппаратов.
48. Внеатмосферный участок полета.
49. Определение импульса скорости для схода спускаемого аппарата с орбиты и параметров в точке входа в атмосферу.
50. Сход спускаемого аппарата с орбиты при заданных параметрах точки входа в атмосферу.
51. Атмосферный участок полета.
52. Формы спускаемых аппаратов.
53. Уравнения движения спускаемого аппарата в атмосфере.
54. Расчет парашютной системы.
55. Выбор парашюта.
56. Проектирование парашютной системы.
57. Расчет парашютной системы с несколькими тормозными парашютами.
58. Расчет многокупольной парашютной системы.
59. Посадка на планету.
60. Посадка на грунт .
61. Посадка на воду.
62. Освещенность искусственного спутника Земли .
63. Продолжительность движения ИСЗ в затененной области.
64. Ориентация орбиты ИСЗ относительно Солнца в зависимости от даты старта.
65. Условия освещенности ИСЗ на эллиптических орбитах.
66. Определение условий освещенности просматриваемой территории.

5. Указания по проведению контрольных работ для студентов очной, заочной формы обучения

5.1. Требования к структуре

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию (основной части)

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 10-12 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman).

Указания по проведению курсовых работ

6. Указания по проведению курсовых работ

Курсовые работы выполняются в письменном виде согласно полученного задания.

6.1. Требования к структуре

Структура курсовой работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

6.2. Требования к содержанию (основной части)

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.
2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.
3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.
4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т. п.).
5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.
6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования, расчетной работы.
7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

6.3. Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 30...40 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman).

Примерные темы курсовых работ.

1. Фигура и гравитационное поле Земли.
2. Фигура Земли и ее модели.
3. Потенциал силы земного тяготения и его классическое представление
4. Применение метода точечных масс
5. Магнитное поле Земли. Основные понятия и элементы земного магнетизма.
6. Математическое описание магнитного поля Земли.
7. Атмосфера Земли. Состав и свойства атмосферы
8. Стандартная атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы
9. Математические основы баллистического обеспечения полета.
10. Системы координат и методы их преобразований.
11. Силы и моменты, действующие на БР в полете.
12. Векторно-матричные представления уравнений движения ракет как тел переменной массы.
13. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА баллистического типа на активном и пассивном участках траектории.
14. Упрощенные уравнения движения БР
15. Уравнения движения БР с учетом упругих колебаний ее корпуса
16. Возмущенное движение БР и общая характеристика методов его исследования

17. Линеаризация уравнений движения
18. Общий подход к расчету попадающей траектории
19. Обзор возможных методов определения баллистических производных
20. Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории
21. Требования, предъявляемые к программам управления и оптимизация их модельных структур
22. Особенности и различия в выборе программ движения БР на атмосферном и внеатмосферном участках АУТ
23. Программы максимальной дальности. Выбор программы движения БР с учетом характеристик точности.
24. Особенности выбора и реализации программ движения БР с РДТТ.
25. Решение краевых задач баллистики управляемых БР.
26. Формулировка и общая характеристика краевых задач баллистики.
27. Требования, предъявляемые к математическим моделям движения краевых задач баллистики.
28. Типовая схема решения краевой баллистической задачи полета БР с моноблочной ГЧ.
29. Особенности постановки и решения краевой баллистической задачи полета БР с разделяющейся ГЧ.
30. Специфика решения краевых задач для БР без отсечки тяги.
31. Вычисление баллистических производных в краевых задачах баллистики.
32. Связь между ЧБП, задаваемыми в различных прямоугольных системах координат.
33. Методы наведения баллистических ракет. Общая характеристика методов наведения БР.
34. Принципы построения алгоритмов функционального наведения.
35. Упрощенные линейные методы управления выключением ДУ БР.
36. Возможные подходы к реализации терминального наведения.
37. Алгоритмизация процедур расчета типового варианта метода терминального наведения.
38. Метод требуемой скорости в варианте «Q-наведения».
39. Особенности реализации метода конечной требуемой скорости.
40. Предпосылки необходимости и технической реализуемости процессов самонаведения БР и их ББ.
41. Кинематический анализ основных свойств траекторий наведения и общие сведения о методах самонаведения.
42. Теоретические основы метода пропорциональной навигации в общем случае учета маневра цели.
43. Динамика самонаведения при реализации метода пропорциональной навигации.
44. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности.

45. Принцип построения и классификация корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) Основы реализации многоальтернативных задач теории принятия решений в КЭНС.
46. Корреляционно-экстремальный алгоритм фиксации прохождения ЛА района, характеризуемого аномалией геофизического
47. Теоретические основы инерциальной навигации .
48. Кажущееся ускорение и кажущаяся скорость БР. Принцип инерциальных измерений и основное уравнение инерциальной навигации.
49. Общая характеристика и классификация платформенных ИНС. Особенности решения задач навигации при использовании БИНС. Основные источники и характер эволюций ошибок ИНС. Свойство неустойчивости решения основного уравнения инерциальной навигации. Начальная выставка ИНС.
50. Статистическая динамика навигационных систем.
51. Элементы системного анализа задач навигации и управления движением.
52. Наблюдающие устройства и алгоритмические аспекты их синтеза. Теорема разделения и ее применение при решении задач навигации и управления.
53. Введение в теорию оптимальной фильтрации. Способы включения оптимального фильтра в контур навигационной системы. Понижение размерности фильтра в навигационных системах на основе наблюдающих устройств минимальной размерности.
54. Беспойсковые и рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания навигационных координат в КЭНС.
55. Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.
56. Общая постановка задачи коррекции. Градиентная и параметрическая коррекция программного движения. Коррекция движения с использованием эталонов местности.
57. Коррекция движения от спутниковых навигационных систем.
58. Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация.
59. Определения, основные задачи применения и классификация.
60. Структура и возможные принципы действия бортового сегмента интеллектуальных СУ БР.
61. Применение систем видеонаведения и условия их эксплуатации.
62. Характеристики системы видеонаведения.
63. Особенности реализации алгоритмического обеспечения систем наведения
64. Формирование структуры системы наведения и анализ основных алгоритмических операций
65. Аппаратная реализация
66. Возможности применения обучаемых сетей

- 67.Эталонная информация и базы данных для обучения системы
- 68.Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР
- 69.Исходные положения статистической схемы анализа рассеивания
- 70.Характеристики точности попадания в цель
- 71.Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний
- 72.Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета
- 73.Общая характеристика основных ошибок и априори неопределенных факторов, влияющих на точность движения БР
- 74.Погрешности геодезической привязки боевой стартовой позиции и оценка численных значений их составляющих
- 75.Влияние начальных ошибок выставки
- 76.Техническое рассеивание БР и влияние методических ошибок
- 77.Комплексный анализ составляющих рассеивания, обусловленных действием возмущающих факторов и ошибок управления

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 410 с. — ISBN 978-5-00101-663-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151476> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Балаганский, И. А. Основы баллистики и аэродинамики : учебное пособие / И. А. Балаганский. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7782-3412-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118129> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Толпегин, О. А. Экспериментальная баллистика: тексты лекций / О. А. Толпегин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 211 с. — ISBN 978-5-85546-868-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75166> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов : учебник / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. — 523 с. — ISBN 978-5-7038-4340-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

- система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106268> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Лысенко, Л. Н. Внешняя баллистика : учебное пособие / Л. Н. Лысенко. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2020. — 328 с. — ISBN 978-5-7038-5503-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205019> (дата обращения: 02.11.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 3. Агаджанов П.А. Командно-измерительный комплекс. М.: Знание, 1979.
 4. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1977.
 5. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1970.
 6. Бажинов И.К., Почукаев В.Н., Поляков В.С. Космическая навигация. М.: Машиностроение, 1975.
 7. Баринов К.Н., Бурдаев М.Н., Мамон П.А. Динамика и принципы построения орбитальных систем космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975.
 8. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, А.И. Петрова, В.А. Болдина. 2-е изд. М.: ИПРЖР, 1999.
 9. Баллистика и навигация ракет / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко, Н.М. Иванов и др.; под ред. А.А. Дмитриевского. М.: Машиностроение, 1985.
 10. Зеленцов В.В., Казаковцев В.П. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
 11. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н., Дмитриевский А.А. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1986.
 12. Левантовский В.И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука, 1980.
 13. Навигационное обеспечение полета орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс». И.К. Бажинов, В.П. Гаврилов, В.Д. Ястребов и др. М.: Наука, 1985.
 14. Назаренко А.И., Скребушевский Б.С. Эволюция и устойчивость спутниковых систем. М.: Машиностроение, 1981.
 15. Полет космических аппаратов. Примеры и задачи: 2-е изд. / под общей ред. Г.С. Титова. М.: Машиностроение, 1990.
 16. Пономарев В.М. Теория управления движением космических аппаратов. М.: Наука, 1965.
 17. Попович П.Р., Скребушевский Б.С. Баллистическое проектирование космических систем. М.: Машиностроение, 1987.

Электронные ресурсы образовательной среды «МГОТУ»:

- <http://biblioclub.ru/index.php>- библиоклуб (университетская библиотека);
- <http://www.znanium.com> - электронно-библиотечная система Znanium.com!;

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Интернет-ресурсы:

2. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>

8 Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.*

Информационные справочные системы:

1. Ресурсы информационно-образовательной среды «Технологического университета».
2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Основы теории полета КА и баллистики ракет».